

RO – RO V BAZENU III

Pristajalni odbojniki in privezna mesta

1 Tehnični opis

1.1 Splošno

Naročnik projektne dokumentacije Luka Koper d.d. namerava severno od obstoječega priveza VNT v Bazenu III zgraditi nov RO–RO vez. Vez bo namenjen za pristajanje in vezanje ladij za pretovor avtomobilov in drugih vozil s krmno rampo in ladij z zadnjo tričetrtinsko rampo. Nahajal se bo v neposredni bližini obstoječih in bodočih površin za skladiščenje avtomobilov na območju severno od reke Rižane. Z novim priveznim mestom bodo z zagotovitvijo dodatnega veza za ladje za pretovor avtomobilov skrajšane pristaniške transportne poti od ladij do skladiščnih površin. Delno bodo sproščeni obstoječi privezi na drugih lokacijah pristanišča za ladje z drugimi tovari

Nov vez bo v končni fazi omogočal privez ladij s krmno rampo in ladij z zadnjo tričetrtinsko desno rampo, dolžine od 100 do 240 m, širine do 36 m, ugrezov do 12 m (končno stanje) in do 80.000 GT oz. 35.000 DWT.

V prvi fazi, ki jo obsega projekt za izvedbo bo izveden izkop na globino -10m hidrografsko in bo tako omogočen privez ladij z ustrezno manjšim ugrezom.

1.2 Lokacija

Gradnja je predvidena na zemljiških parcelah št. 716/2 k. o. Ankaran in 3/16 k. o. Morje, v lasti Republike Slovenije.

Vse rešitve v projektni dokumentaciji so v skladu z veljavnim prostorskim aktom na območju pristanišča **Uredba o državnem prostorskem načrtu za celovito prostorsko ureditev pristanišča za mednarodni promet v Kopru (Uradni list RS, št. 48/11)** in se nahajajo znotraj območja pristanišča, določenem v **Uredbi o upravljanju koprskega tovarnega pristanišča, opravljanju pristaniške dejavnosti, podelitvi koncesije za upravljanje, vodenje, razvoj in redno vzdrževanje pristaniške infrastrukture v tem pristanišču (Uradni list RS, št. 71/08, 32/11, 53/13 in 25/14).**

Rampa, oz. del veza na kopnem, se nahaja za obstoječo obalno linijo. Obdelana je v načrtu gradbenih konstrukcij 3.2.

1.3 Izhodišča za izdelavo projektne dokumentacije

Za nov RO-RO vez v severnem delu Bazena III je bila izdelana sledeča predhodna dokumentacija:

- idejna rešitev (Resea Group in Niras, marec 2015),

- elaborat navtične vzdržnosti (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, Julij 2015) z dodatkom,
- geodetski načrt obstoječega stanja,
- posnetek globin v Bazenu III (višine so podane geodetsko),
- Poročilo o geotehničnih raziskavah tal za objekt RO-RO vez v 3. bazenu v Luki Koper (Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., št. GEO-2005610, datum 13. 11. 2015),
- Idejni projekt Ro-Ro v bazenu III v Luki Koper (Geoportal d.o.o. in OPI INTER d.o.o., januar 2016).
- Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja Ro-Ro v bazenu III v Luki Koper (Geoportal d.o.o. in OPI INTER d.o.o., december 2016 (po reviziji januar 2018).

1.4 Faznost gradnje

V okviru izdelave projektne dokumentacije za izvedbo je predvidena 1. faza gradnje glede izkopa.

- 1. faza: gradnja RO-RO veza z globino -10m glede na hidrografsko ničlo (-10.50m geografsko). Lokalno bodo izvedeni izkopi za namestitev konstrukcijskih elementov (armirano betonska škatla in sidrni piloti posameznega pristajalnega odbojnika) do globine -13.5m geografsko.

Poleg tega pa je privez zasnovan tako, da bo po začetku gradnje Pomola III, z dodatnimi ukrepi omogočal izvedbo izkopa na globino, predvideno s prostorskimi akti, to je na globino -18.00m hidrografsko.

1.5 Osnove za projektiranje

Pri projektiranju veza so bili upoštevani sledeči pravilniki in standardi, ki jih je potrebno upoštevati tudi pri izvedbi:

- PIANC: Guidelines for the design of Fender Systems. 2002,
- PIANC: Harbour Approach Channels – Design Guidelines,
- PIANC: Masterplans for the Developments of Existing Ports,
- Peer Bruun: Port Engineering,
- Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov, Uradni list RS št. 101, 11.11.2005,
- SIST EN 1990 Evrokod 0 – Osnove projektiranja,
- SIST EN 1991 Evrokod 1 – Vplivi na konstrukcije,
- SIST EN 1992 Evrokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcij,
- SIST EN 1993 Evrokod 3 – Projektiranje jeklenih konstrukcij,
- SIST EN 1997 Evrokod 7 – Geotehnično projektiranje,
- SIST EN 1998 Evrokod 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij,
- SIST EN 13670:2010,

- SIST EN 13670:2010/A101:2010, nacionalni dodatek,
- SIST EN 206-1:2013,
- SIST EN 1026:2016.
- SIST EN 1090-2:2008, razred izdelave 2 (EXC2); montaža dost. mostu (EXC3)

1.6 Obstoječe stanje

Na severni strani bazena III se nahajata obstoječi privezni boji. Vzhodno bojo bo potrebno pri izkopu bazena odstraniti obenem s sidrno verigo in sidrnim blokom na južnem delu pomola III.

Zahodno bojo pa bo potrebno prestaviti še bolj zahodno, tako da ne bo motila priveza na samostojnih priveznih mestih. Po izgradnji in pričetku obratovanja RO-RO veza bo namreč na večnamenskem terminalu (VNT) dovoljeno vezati ladje dolžine od 125m do max. 200m.

Na območju večnamenskega terminala se nahajajo samostojna privezna mesta, polerji nosilnosti 600 kN na armirano betonskem bloku. Privez na severnem delu bo potrebno odstraniti zaradi nove konstrukcije.

Globine morskega dna so razvidne iz risbe obstoječega stanja. Severni in vzhodni del Bazena III je izkopen do globine ca. -10m v liniji sedanjega čela Ro – Ro priveza.

Generalna višinska kota večnamenskega terminala, kot je bil zgrajen in tudi po DPN, znaša +3.00m. Iz geodetskega posnetka je razvidno, da se je teren posedel in znaša na območju lokacije od +2.35m do +2.65m.

Izmerjeni pomiki so poleg posedanja tudi posledica obnove višinske geodetske mreže območja.

1.7 Geotehnične značilnosti območja

Na območju pomola III sega plast morskih glin skoraj do flišne podlage. Debelina prodnatega sloja oz. sloja flišne preperine je praktično zanemarljiva. Na vzhodnem delu južne obalne linije se flišna preperina pojavlja na globini -22m, na zahodnem predvidenem zaključku pa na globini -30m. Ob severni liniji bodočega pomola se nahaja flišna podlaga na globini -20m na vzhodnem delu in na zahodnem delu do -25m.

Geotehnične značilnosti lokacije po fazi 1 so detajlno opisane v poročilu:

- Poročilo o geotehničnih raziskavah tal za objekt RO-RO vez v 3. bazenu v Luki Koper (Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o., št. GEO-2005610, datum 13. 11. 2015)

Poleg tega pa smo uporabili tudi rezultate iz starejših geomehanskih poročil, ki so bili izvedeni za potrebe projektiranja in izgradnje večnamenskega terminala in projektiranja pomola III:

- Pomol III – terminal za kontejnerje – geotehnično poročilo št.1154/2000, i-n-i d.o.o., 21.3.2001, (inž. Ocepek, inž. Venturini).
- Poročilo o geomehanskih sondažnih in »in-situ« preiskavah, na lokaciji za večnamenski terminal v Luki Koper, arh.št.: J-II-30 d/b1-40/2284-15, september 1992, GZL, Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko (inž. P. Bizilj).
- Poročilo o laboratorijskih preiskavah vzorcev zemljin vzetih na lokaciji večnamenskega terminala v Luki Koper, poročilo št. 1/45-92 z dne 22.12.1992, IMFM (prof.dr. I. Sovinc)

Na prilogi je podan geotehnični profil 1 – 1 v območju lokacije in sicer rezultati vrtin RO-1 do RO-7. Mikrolokacija vrtin je bila določena z lokacijami odbojnikov in priveznih mest glede na podatke iz idejne rešitve. Kasneje so bile lokacije teh objektov nekoliko spremenjene glede na pogoje navtičnih podlag. Ker pa geotehnične plasti ne varirajo veliko po globini, lahko globino posameznih plasti med sondažnimi vrtinami interpoliramo.

Geotehnične značilnosti lokacije:

- Na območju kopenskih vrtin je ca 4m do 4.4m umetnega nasutja iz zrnatega grušča s skalnimi bloki;
- Pod umetnim nasutjem se nahajajo morski sedimenti, v zgornjih plasteh do ca. 3m debeline peščeno meljna glina do meljast in glinast zelo droben pesek, ki prehaja v zelo lahke do lahko gnetne mastne gline s posameznimi školjkami, globje pa v težko gnetno mastno do peščeno glino.
- Glina prehaja v sloj flišne preperine v debelini 1.2m do 3.8m.
- Zdravo hribinsko osnovo na globini abs. -19.5 do -21.2m pod morsko gladino predstavlja plastovit laporasti glinavec z vložki in posameznimi sloji peščenjaka, v katero so bile vrtine izvrtane 12m do 13m.

Iz navedenih podatkov smo formirali geotehnične modele karakterističnih geoloških profilov. Geotehnične modele smo v nadaljevanju uporabili za izračun stabilnostno-deformacijskih razmer za pristajalne odbojnice in za privezne konstrukcije.

1.8 Klimatološki podatki

Veter:

Lokacija Luke Koper se nahaja v področju III. vetrovne cone in ni zaščiten. Po Eurokodu je za Koper potrebno konstrukcije dimenzionirati na 30m/s.

V maritimni študiji oz. elaboratu navtične vzdržnosti je ugotovljeno, da po Beaufortovi lestvici vrednost 11 predstavlja veter s hitrostjo 30.5 m/s, kar pomeni, da bo veter na največjo obravnavano ladjo pritiskal s silo 500ton.

Največja izmerjena hitrost vetra v letu 2014 znaša dobrih 24 m/s (tri minutnega intervala). Že pri hitrosti vetra 20m/s (minutni interval) pa se mora pripraviti pogon in eventualno zapustiti privez.

Plimovanje:

Plimovanje v Jadranu je mešanega, poldnevnega in dnevnega tipa.

Srednja vrednost letnih povprečij, izračunanih z izvedenjem srednjih dnevnih vodostajev je znašala +0.15m. Povprečna visoka/nizka voda je bila 0.33m nad/pod povprečnim srednjim nivojem morja v obravnavanem obdobju, to je na koti +0.48m/-0.18m. Maksimalna plima znaša statistično za 100 letno obdobje +1.73m. Trend zviševanja višin morja ob slovenski obali na podlagi meritev na mareografski postaji Koper se ocenjuje na 0,1m/100 let.

Valovanje:

Upoštevana je višina vala, ki nastane kot posledica izjemnih vetrovnih razmer. Na oceanografski boji Piran je bil izmerjen najvišji val 4.8m v dosedanjem obdobju meritev od leta 2006 dalje zaradi vetra.

Lokacija v notranjosti bazena je zaščitena in je temu ustrezno višina vala manjša.

1.9 Opis gradbenih del

1.9.1 Zasnova in lokacija

Osnovni konstrukcijski elementi Ro – Ro terminala - privez so:

- pristajalni odbojniki z ureditvijo za pritrditev pontona slovenske vojske v velikosti 140 x 15m
- privezne konstrukcije
- pohodni mostovi za prehod med odbojniki, priveznimi mesti in obalno konstrukcijo na kopnem

Linija pristajalnih odbojnikov je izbrana v končni južni meji pomola III po DPN. Na to se navezuje tudi obalna konstrukcija, ki je obdelana v Načrtu gradbenih del 3.2 – Geoportal, št.gp-pr-002/16. Razmaki odbojnikov (5 kom) in priveznih mest na morju (3 kom) ter lokacija priveznih mest na kopnem (3 kom) so podani v elaboratu navtične vzdržnosti.

Zasnova upošteva končno globino izkopa -13m hidrografske (-13.5m geografske), na kateri se uredi podporna konstrukcija pristajalnih odbojnikov. Zato bo potrebno glede na predvideno faznost izkopavanja v odvisnosti od razpoložljivega prostora za odlaganje mulja, lokalno izkopati dno okoli posameznega odbojnika takoj, že v 1.A podfazi.

Ob izgradnji pomola III in izkopu na globino -18.00m H, pa bodo pristajalni odbojniki in privezna mesta izgubili svojo funkcijo in bodo porušeni.

1.9.2 Pristajalni odbojniki

Jekleni piloti, ki bodo v osnovi delovali kot samostojni odbojniki, so zasnovani tako, da bo nanje kasneje mogoče pritrditi ponton za potrebe priveza plovil Slovenske vojske.

Pristajalni odbojnik (5 kom) je konstrukcija, sestavljena iz več elementov:

- Sam odbojnik - jeklena cev iz visokovrednega jekla, premera $\phi 1420\text{mm}$, spremenljive debeline stene, določene v statičnem računu, zabita skozi flišno preperino do lapornate osnove v globino abs. -20,00 do -22m. Vsak odbojnik bo zabit na točno določeno globino iz geotehničnega profila na njegovi lokaciji. Nato se bo iz notranjosti z rotacijsko vrtno garnituro po sistemu Wirth ali podobnim odstranilo glinenomeljasti material do nivoja laporja in nato prav tako z vrtanjem, izkopalo podaljšek pilota premera 1200mm v predvideni dolžini ca. 6m v lapor in odstranilo jedro.
Pri zasnovi pristajalne konstrukcije je ključnega pomena horizontalna nosilnost pilotov, saj je dominantna obremenitev horizontalna sila privezane ladje. Za zagotovitev horizontalne nosilnosti je tako ključnega pomena zadostna globina vpetja pilota, ki bo omogočila prevzem podanih horizontalnih sil ter upogibnih momentov.
- Armirano betonska škatla, položena v morsko dno v globini -13.5m geografsko in zapolnjena z mikroarmiranim betonom.
Škatla služi kot horizontalna podpora jeklenemu pilotu, preko katere se obtežba prenaša na zasip iz kamnometa in naprej na raščen teren.
Škatla je zaradi slabih karakteristik zemljine vorskem dnu dodatno sidrana s štirimi zabitimi jeklenimi piloti $\phi 508/8\text{mm}$ v plast laporja.
Izkop okoli škatle se zapolni s kvalitetnim kamnitim zasipom za boljši prenos horizontalne obremenitve.
- Na južni strani bo na jekleno cev pritrjena sama konstrukcija odbojnika. To predstavlja jeklena konstrukcija - panel za kontakt z ladjo z vgrajeno kontaktno zaščito. Med to konstrukcijo in med cevjo bo nameščen gumijast odbojnik, ki bo absorbiral del pristajalne energije ladje. Preostali del se prevzame z elastično deformacijo nosilne cevi odbojnika.
- Na vrhu jeklene cevi odbojnika bo privarjen poler nosilnosti 1000 kN, ki bo služil za privezovanje ladij;
- Vrh jeklene cevi odbojnika se razširja v ploščad, kamor privezovalci lahko ob manipulaciji stopi. Ploščad bo z zadnje in delno bočne strani obdana z ograjo. Višinska kota ploščadi znaša +3.00m. Posamezne ploščadi bodo povezane z dostopnimi mostovi, preko katerih bo dostop za privezovalce.
- Jeklo pristajalnih odbojnikov in ostalih jeklenih elementov na njem bo nad vodo proti korozijski zaščiteno C5-M po standardu ISO 12944, pod vodo pa s katodno zaščito.

1.9.3 Privezna mesta

Posamezno privezno mesto na morju (3 kom) bo temeljeno na sistemu štirih jeklenih pilotov $\Phi 812.8/12.5\text{mm}$, od katerih bosta dva natezna, uvtana v skalo in izvedena tako kot pristajalni odbojniki, dva pa imata konico in bosta zabita poševno v naklonu 2:1.

Piloti bodo zaščiteni z armirano betonsko srajčko in protikorozijsko katodno zaščiteni.

Nad piloti bo izveden armirano betonski blok, v katerega bodo nameščene kljuge nosilnosti 1500 kN za privezovanje in hitro odvezovanje ter vitel. Na bloku bo nameščena varovalna ograja in lestve za dostop privezovalcev.

Poleg samostojnih priveznih mest na morju, so predvidena še privezna mesta na kopnem. Vsi privezi na kopnem bodo opremljeni s polerjem. Obdelana so v načrtu 3.2.

1.9.4 Dostopni mostovi

Dostopni mostovi med posameznimi pristajalnimi odbojniki in priveznimi mesti so različnih razpetin, in sicer med 19,40m in 36,20m. Dostopni mostovi so namenjeni pristaniškim delavcem za potrebe operacije pristajanja ladij.

Mostovi so sestavljeni iz treh paličnih nosilcev, statične višine 1,70m, z rastrom paličja na 3,20m vzdolžno. Horizontalno zavetrovanje je predvideno z L profili. Zgoraj je pohodna rešetka.

Naslonjeni so na odbojnice, pri čemer se je predvidelo ležišče v takšni obliki, da omogoča deformacijo odbojnika pri pristajanju ladje. Dostopni most med priveznim mestom PR 1 in odbojnikom ODB 1 je podprt z vertikalnim jeklenim pilotom ϕ 508/8mm.

Za točno naleganje dostopnih mostov na ležišče odbojnikov je potrebno izdelati natančen geodetski posnetek odbojnikov z že nameščeno ploščadjo. Nato se prilagodi detajl podpore na dostopnih mostovih, tako da luknje v podpori mostov centrično nalegajo na moznike na ležiščih dejansko zabitih odbojnikov. Predviden je razred izvedbe 2 (EXC2, EN 1090-2), za vsa dela, razen za samo postavitve dostopnega mostu, kjer se predvideva razred izvedbe 3 (EXC3, tč. 9.6.5.3, EN 1090-2) zaradi potrebne velike natančnosti naleganja mostička na že postavljene podpore cevne odbojnika (upošt. vmesne revizije JP-28/17; nov. 2017).

1.9.5 Proti korozijska zaščita

Vsi objekti Luke Koper, ki so temeljeni na jeklenih pilotih so proti koroziji agresivnega medija katodno zaščiteni. Obravnavani pristajalni odbojniki in privezna mesta na morju prav tako spadajo med strukture, ki jih je potrebno vključiti v skupni sistem katodne zaščite. Odbojniki so locirani v bazenu III, severno od katodno zaščenega terminala za razsute tovore in zahodno od obale večnamenskega terminala, ki je prav tako katodno zaščiten.

Katodna zaščita je obdelana v načrtu 4.2 - Načrt električnih inštalacij – katodna zaščita – št. 1486/2016.

Vse jeklene konstrukcije nad vodo bodo proti korozijsko zaščiteno za razred izpostavljenosti C5-M po standardu ISO 12944.

1.10 Opis konstrukcije pristajalnega odbojnika

1.10.1 Zemeljska dela

Izkop:

Pred namestitvijo montažne betonske škatle in zabijanjem cevi odbojnika je potrebno na mestu odbojnika narediti minimalni lokalni izkop, v širini, ki je potrebna za namestitev škatle.

Globina izkopa na mestu odbojnika je 3,00m, to je do kote –16.5m. Pod in okoli škatle se izvede le minimalni lokalni izkop. Delo naj bo pazljivo, da ne bo prišlo do porušitve terena. Nagib naj nikakor ne bo strmejši od predpisanega.

Kamnit zasip:

Po namestitvi škatle, zabitju cevi odbojnika in zabetoniranju v notranjosti cevi in škatle, se izkop zasuje s kamnitim nasipom vseh frakcij z maksimalno težo kamna 30kg.

1.10.2 Armiranobetonska konstrukcija

Montažna betonska škatla:

Montažna betonska škatla bo izdelana v betonu C 30/37 odpornem proti morski vodi in armirana z rebrasto armaturo B500B. Velikost škatle je 8,00 x 6,00m, višine 3,00m, z debelino stene 30cm. Škatla se lahko izdela ločeno 2 x 1.50m, odvisno od razpoložljive mehanizacije izvajalca. S plovnega objekta se jo po izdelavi na kopnem namesti v pripravljeni izkop in jo centrira glede na os cevi odbojnika. Nato se zabije odbojnik.

Zapolnitev odbojnika z betonom:

Od dna izvrtane cevi do mesta maksimalnih momentov je potrebno cev odbojnika zapolniti z betonom kvalitete C30/37. Betoniranje se izvaja s kontraktorjem. Spodnji del je armiran z rebrasto armaturo B500B.

Podporni piloti:

V podporni škatli so predvideni štirje podporni jekleni piloti ϕ 508/8mm S 275 J2, zabiti do lapornate osnove. Zabijanje je potrebno predvideti z nastavkom. V celoti so zabetonirani.

Zapolnitev škatle z betonom:

Ko bo odbojnik zapolnjen z betonom, se pristopi k betoniranju notranjosti škatle s podvodnim mikro armiranim betonom odpornem proti morski vodi. Za zapolnitev škatle se uporabi mikroarmirani beton zaradi zmanjšanja morebitnih razpok. Delo se bo izvajalo s kontraktorjem. Pri tem je potrebno paziti, da v nobenem primeru ne pride do prekinitve betoniranja. Okoli jeklenih pilotov se namesti armaturni koš za boljšo prijemnost.

1.10.3 Jekleni odbojnik

Material:

Odbojnik bo sestavljen iz jeklenih cevi zunanjega premera 1420mm in debeline sten od 24 do 36mm. Sekcije so predvidene v različnih dolžinah, odvisno od kvalitete materiala in debeline posamezne sekcije in med seboj zavarjene.

Najbolj obremenjeni deli bodo iz materiala S460 M, $F_y = 460 \text{ N/mm}^2$, manj obremenjeni deli so iz materiala S355 M, $F_y = 355 \text{ N/mm}^2$.

Sekcije morajo biti med seboj varjene z X zvari s prevarjenim korenem in žlebljenjem in 100% radiografsko kontrolo.

Celoten odbojnik naj se izdelava v enem kosu in prepelje na mesto vgradnje.

Opis del:

Delo se vrši s plovnega objekta. Cev odbojnika se zabije, ko je izvršen lokalni izkop in že postavljena montažna betonska škatla. Zabije naj se z ustreznim zabijalom, ki ga ima na razpolago izvajalec. Predvideno je, da se cev zabije v lapornato osnovo, dokler so pogrezki, spremljani s strani nadzora, še dopustni glede na nosilnost jekla. Na zgornji strani je predvidena rezerva 20 cm v dolžini cevi zaradi penetracije v lapor in zaradi morebitne poškodbe stene cevi zaradi zabijanja.

Nato se bo iz notranjosti z rotacijsko vrtalno garnituro po sistemu Wirth ali podobnim odstranilo glinenomeljasti material do nivoja laporja in nato prav tako z vrtanjem, izkopalo podaljšek pilota premera 1200mm v predvideni dolžini ca. 6m v lapor in odstranilo jedro.

Ob izvajanju se bo sproti preverjalo kvaliteto izkopanega materiala in skladnost s predpostavljeno kvaliteto laporja, na podlagi katere je bila določena globina uvrtnja. V primeru, da bo izkopano jedro izkazovalo slabše karakteristike od predvidenih, se bo ustrezno povečala globina sidranja.

Ker so lapornate plasti izredno plastovite, bo ob vrtanju lahko prišlo do razkola plasti in do lokalnih porušitev stene vrtine, kar bi lahko povzročalo težave pri zagotavljanju sprijemljivosti lapornate stene in kasneje vgrajenega betona. Zato bo potrebno vrtino pregledati s kamero. V primeru lokalnih porušitev se le-te ponovno obdelava in material odstrani.

V primeru vdora vode v pilot, bo potrebno le to izčrpati. Če to ne bo mogoče, bo potrebno betoniranje s podvodnim betonom s kontraktorjem.

V tako izvrtan in pregledan pilot se bo vstavilo armaturni koš in pilot zabetoniralo v predvidenem območju.

Betoniranje se bo izvajalo s kontraktorjem. Izredno važna je sprijemljivost betona in stene vrtine v laporju, zato bo potrebna primerna konsistenca betona, da bo le-ta zapolnil vse morebitne razpoke in kaverne, nastale pri vrtanju. Armirani beton bo segal do mesta maksimalnih momentov, tik nad in pod morskim dnom. Uporabi se beton C 30/37.

Po zabitju bo cev odrezana na koto +0.50m, kjer je predviden montažni spoj za montažo zgornje sekcije. Le-to se v celoti z ležišči za dostopne mostove in gumijaste odbojnike ter ploščad izdelava v delavnici in ustrezno protikorozijsko zaščiti. Na mestu nihanja vodne gladine in na zraku bo jeklo še dodatno ščiteno z dvokomponentno epoksidno barvo, ki se jo nanese na pocinkano površino. Pred nanosom finalnega sloja je potrebno celotno površino pregledati in popraviti morebitne napake.

Za izdelavo posameznih delov jeklene konstrukcije je potrebno predložiti ustrezne ateste osnovnega uporabljenega materiala in dokaze o skladnosti kvalitete izdelave z v projektu zahtevano kvaliteto. Varilci morajo imeti ateste za varenje mikrolegiranih jekel dane debeline. Tehnologijo varjenja je potrebno posebej obdelati.

Jeklo bo v zemljini in v vodi korozijsko ščiteno s katodno zaščito s potopljeno aluminijasto galvansko anodo.

Toleranca zabijanja posameznega odbojnika je $\pm 10\text{cm}$. Po zabitju bo potrebno cev geodetsko posneti. V primeru večjega odstopanja, bo potrebno prilagoditi robne elemente konstrukcije povezovalnih mostov.

1.10.4 Oprema

Kot že omenjeno, je zgornji del odbojnika v višini 2.50m, od kote +0.50m do +3.00m montažen in se privijači na spodnji del, ki je bil predhodno zabit v zemljino.

Gumijasti odbojnik:

Na samo jekleno cev montažnega dela je pritrjen gumijasti odbojnik npr. Trelleborg SCN 900 iz materiala F 3.1 ali enakovreden proizvod ($E_{\min}=480\text{kNm}$; $H<1020\text{kN}$), ki služi za delno absorpcijo energije pri pristajanju ladje.

Jeklena konstrukcija:

Ladja ob pristajanju nalega na jekleno konstrukcijo - panel, ki ima prednjo steno obloženo z UHMV-PE (FQ1000) zaščitnimi ploščami debeline $t=60\text{mm}$. Posamezni UHMW-PE elementi so lahko poljubnih dimenzij, skupna površina ravnega dela panela pa mora biti pokrita z $2.0\times 2.6\text{m}$ takih plošč. Detajle pritrditve plošč na jekleni panel se uskladi z dobaviteljem plošč.

Na vrhu cevi odbojnika se navari pohodno ploščad iz S355 J2, ki bo služila privezovalcem. Na ploščadi bo nameščena varovalna ograja. Ploščad bo proti drsenju zaščitena s posipom iz kremenčevega peska. Pokrov se izdelava iz jeklene pločevine S355 J2, debeline 30mm, na spodnji strani ojačen z ojačitvami. Na pokrovu se navari poler nosilnosti 1000 kN, ki ima tudi jeklene ojačitve. Material polerja je prav tako S355 J2. Po montaži se poler zapolni z betonom C25/30.

Na montažni del iz jeklenih pločevin sta navarjena mozniki M52 za ležišče za dostopna mostova.

Na severni strani je predvidena konstrukcija za bodočo pritrditev pontona za potrebe slovenske vojske.

Vsa jeklena oprema bo antikorozijsko ščitena tako kot jeklena konstrukcija zgornjega montažnega dela odbojnika.

1.10.5 Zaporedje del

1. Minimalni izkop v raščen teren lokalno na lokaciji armirano betonske škatle s poravnavo dna za čim bolj vodoravno naleganje škatle,
2. Namestitev montažne arm.bet. škatle s plovnega objekta,

3. Vtiskanje arm. bet. škatle in izkop materiala iz notranjosti škatle po potrebi,
4. Zabijanje jeklene cevi odbojnika s plovnega objekta,
5. Odstranitev zemeljskega materiala iz notranjosti jeklene cevi,
6. Uvrtanje spodnjega dela odbojnika v lapor,
7. Namestitev armature v cev in betoniranje notranjosti,
8. Zabijanje sidrnih pilotov,
9. Zabetoniranje pilotov in namestitev armaturnega koša okoli pilotov,
10. Zabetoniranje škatle z mikroarmiranim betonom,
11. Odrez cevi odbojnika in priprava za montažo zgornjega dela,
12. Namestitev kompletne zgornje konstrukcije odbojnika,
13. Izvedba katodne zaščite s povezavo na obstoječo obalo,
14. Namestitev gumijastega odbojnika in panela,
15. Na odbojniku ODB 5 se namestijo mornarske lestve.

1.11 Opis konstrukcije priveznega mesta

1.11.1 Temeljenje

Kot že napisano, bo posamezno privezno mesto na morju temeljeno na sistemu štirih jeklenih pilotov $\Phi 812.8/12.5\text{mm}$, od katerih bosta dva natezna, uvrtna v lapornato osnovi, dva pa imata konico in bosta zabita poševno v naklonu 2:1 do laporja.

Vsi koli so izdelani iz materiala S 355 J2. Iz enakega materiala so tudi konice poševnih pilotov.

Poševni piloti so v zgornjem odseku pod spodnjim robom konstrukcije zapolnjeni z armiranim betonom C 35/45. Notranjost poševnih kolov je prazna. Konica je prav tako zapolnjena z betonom C 30/37.

Za prevzem nateznih sil so izvedeni natezni piloti brez konice, sidrani v flišno/lapornato skalo, izvedeni enako kot je to opisano pri pristajalnem odbojniku. V celoti so zabetonirani z armiranim betonom.

Zaščita kolov v nivoju nihanja vodne gladine je izvedena z arm. bet. oblogo, del kolov v vodi in tleh, pa je zaščiten s katodno zaščito z zunanjim izvorom toka.

1.11.2 Opis armiranobetonske konstrukcije

Vsi betoni, izpostavljeni slani atmosferi, so izdelani v C 35/45 in vodoneprepustni.

Armirani so z rebrasto armaturo B 500B. Vsi stiki so izvršeni na preklop z ustrezno sidrno dolžino po predpisih. Debelina zaščitnega sloja je na vseh izpostavljenih mestih 5cm.

Na jeklene kole, v zgornjem delu zapolnjene z betonom C 35/45 in armirane z AB košem (natezni so v celoti armirani), so montirane AB montažne kape iz C 35/45 in zainjektirane.

Armiranobetonski blok se zaopaži in zabetonira z betonom C 35/45.

Pri izbiri vrste betona, uporabljenega v posameznih konstrukcijskih elementih, igra bistveno vlogo razporeditev armature po prerezu, način vgrajevanja, izpostavljenost elementa ter geometrijske karakteristike elementa. V spodnji preglednici so podani opisi vrste betona v odvisnosti od konstrukcijskega elementa ter potrebne dodatne lastnosti.

Konstrukcijski element	Trdnostni razred	Izpostavljenost	Dodatne lastnosti
beton pilotov	C 35/45	XC4	PV- III
AB kape pilotov	C 35/45	XC4 XF4 XS3	PV-III, C*
AB blok	C 35/45	XC4 XF4 XS3	PV-III, C*

C* - Prepustnost betona za prodor kloridnih ionov iz okolice mora biti < 2000 Columbusov skladno s standardom ASTM C 1202-10

Armatura bo prav tako ustrezala določilom Evropskih standardov, B500B, $f_y = 500,0\text{Mpa}$

1.11.3 Oprema samostojnega priveza

Privezna kljuka

Na privezno mesto se namesti privezna kljuka za hitro odvezovanje (quick release hook), nosilnosti 1500 kN z vitlom. V armirano betonsko konstrukcijo se sidra po detajlu proizvajalca.

Mornarske lestve in zaščitna ograja

Mornarske lestve se montirajo na zadnji strani samostojnega priveza za dostop privezovalca. Opremljene so z varovalnimi obroči in hrastovimi nasloni za naslon čolna. Zaščitna ograja se montira na zaledni in na stranskih straneh armirano betonske konstrukcije priveza. Ves material je korozijsko zaščiten.

Razsvetljava

Zaradi varnosti gibanja plovil sta privezni mesti 2 in 3 na zahodni strani osvetljeni, kar je obdelano na načrtu električnih instalacij.

1.12 Opis dostopnih mostov

Dostopni mostovi med posameznimi pristajalnimi odbojniki in priveznimi mesti so različnih razpetin, in sicer med 19.40m in 36.20m. Dostopni mostovi so sestavljeni iz treh oz. štirih paličnih predalčnih nosilcev, statične višine 1.70m, z rastrom predalčja na 3.20m vzdolžno. Dostopni mostovi nalegajo na ležišča na pristajalnih odbojnikih oz. na privezno mesto in na obalno konstrukcijo. Med priveznim mestom PM 1 in pristajalnim odbojnikom ODB 1 pa je predvidena dodatna podpora na vertikalnem jeklenem pilotih $\Phi 508/8\text{mm}$. Pristajalni most smo ločili od konstrukcije odbojnika zaradi kompenzacije pomikov odbojnika.

V statičnih analizah smo upoštevali lastno težo, koristno obremenitev ljudi v velikosti 5kN/m^2 , obremenitev z vetrom v bočni smeri, horizontalno koristno obremenitev pešcev in temperaturni vpliv. Zaostale napetosti in nepopolnost geometrije smo upoštevali z vnosom izbočne sile v tlačeni pas paličja ter naredili izračun po teoriji drugega reda.

Dostopni most je jeklena palična konstrukcija iz jekla trdnosti S355J2. Na območju podpor so dodane teflonske (PTFE) plošče debeline $t=10\text{mm}$, da preprečimo vnos obtežbe, ki nastane zaradi deformacije odbojnika. Za kompenzacijo temperaturnega vpliva in pomikov odbojnikov v prečni smeri izdelamo v ležiščih okrogle luknje, ki kompenzirajo deformacije iz teh dveh vplivov. Pohodna rešetka je predvidena iz materiala S235J2.

Za točno naleganje dostopnih mostov na ležišče odbojnikov je potrebno izdelati natančen geodetski posnetek odbojnikov z že nameščeno ploščadjo. Nato se prilagodi detajl podpore na dostopnih mostovih, tako da luknje v podpori mostov centrično nalegajo na mozničke na ležiščih odbojnikov. Predviden je razred izvedbe 2 (EXC2, EN 1090-2), za vsa dela, razen za samo postavitve dostopnega mostu, kjer se predvideva razred izvedbe 3 (EXC3, tč. 9.6.5.3, EN 1090-2) zaradi potrebne velike natančnosti naleganja mostička na že postavljene podpore cevne odbojnika (upošt. vmesne revizije JP-28/17; nov. 2017).

1.13 Omilitveni ukrepi

Iz okoljevarstvenega soglasja za RO-RO vez sledijo naslednji ukrepi oz. pogoji, ki jih je potrebno upoštevati tekom gradnje in kasneje uporabe veza:

- (1) v primeru, ko je hitrost vetra večja od 5 m/s oz. 18 km/h, je potrebno prekiniti izvajanje gradbenih del, ki povzročajo prašenje
- (2) gradbena dela se lahko izvajajo le v dnevnem obdobju med 6. In 18. uro
- (3) pred pričetkom gradnje nameravanega posega je treba določiti merilni mesti za postavitev merilnikov motnosti oz. osvetljenosti in vzorčnih mest za monitoring stanja podmorskih travnikov
- (4) v času obratovanja nameravanega posega je treba izvajati kontinuirane meritve motnosti oz. osvetljenosti.

Iz Uredbe sledijo naslednji ukrepi oz. pogoji, ki jih je potrebno upoštevati tekom gradnje in kasneje uporabe veza:

- (1) Izvajalec del mora poskrbeti za brezhibno gradbeno mehanizacijo. Redno vzdrževanje tovornih vozil in gradbenih strojev oziroma pranje vozil mora potekati zunaj gradbišča, v za to opremljenih delavnicah.
- (2) Med obratovanjem objektov in ureditev, pri katerih obstaja možnost onesnaženja okolja zaradi razlitja nevarnih snovi, je treba zagotavljati redne preglede, vzdrževanje in čiščenje lovilcev olj in maščob ter drugih zaščitnih sistemov in naprav. Izvajati je treba vse ukrepe za zaščito pred razlitjem pri pretakanju, skladiščenju, prevozu nevarnih snovi ali drugih nesrečah skladno s predpisi.
- (3) Izvajalci gradbenih del (med gradnjo) in nosilci dejavnosti, pri katerih obstaja možnost onesnaženja okolja z nevarnimi snovmi (med obratovanjem), morajo izdelati načrt ravnanja in sanacije območja ob onesnaženju z nevarnimi snovmi iz delovnih strojev.
- (4) Z nevarnimi odpadki (onesnažena zemljina z naftnimi derivati in oljem, odpadni akumulatorji, prazna embalaža olj itd.), nastalimi ob vzdrževanju gradbene in strojne mehanizacije ali kot posledica nepredvidenih dogodkov, je treba ustrezno ravnati in

- jih oddajati pooblaščenemu zbiralcu teh odpadkov, kar mora biti ustrezno evidentirano, vse prevoze pa izvajati tako, da ne pride do onesnaževanja okolja.
- (5) Pri izvajanju zemeljskih del je v primeru najdbe odpadkov potrebno zagotoviti ustrezno sanacijo območja.
 - (6) Med gradnjo se upoštevajo osnovni postopki za preprečevanje in omejevanje prašenja (vlaženje materialov, čiščenje vozil in vozni površin, po potrebi uporaba protiprašnih barier na izpostavljenih mestih, dodatni ukrepi ob specifičnih neugodnih meteoroloških razmerah), protiprašna zaščita vseh gradbenih in javnih cest, ki se uporabljajo za prevoz, uporaba dobro vzdrževane mehanizacije itd.
 - (7) Gradnja se organizira in izvaja tako, da se prepreči dodatno onesnaženje zraka, na kar vplivajo izbira delovnih strojev in transportnih vozil ter vremenske razmere med gradnjo.
 - (8) Omilitveni ukrepi varstva pred hrupom med gradnjo so:
 - gradbeni stroji in delovne naprave, ki se uporabljajo na prostem, morajo biti izdelani skladno s predpisi, ki urejajo področje emisijskih norm za hrup gradbenih strojev, ki se uporabljajo na prostem
 - upoštevanje časovnih omejitev gradbenih del
 - transportne poti, ki vodijo na območje ureditve, morajo v kar največji meri potekati zunaj stanovanjskih naselij.
 - (9) Ukrepi varstva pred tresljaji med gradnjo se podrobno opredelijo v projektu ureditve gradbišča, ki ga pripravi izvajalec gradbenih del. Prevozne poti med gradnjo se določijo do začetka gradnje.
 - (10) Izvajalec pred začetkom gradnje pri pripravljalnih delih popiše in dokumentira stanje in morebitne poškodbe (posnetek obstoječega stanja objektov) obstoječih, izpostavljenih objektov in ob transportnih poteh.
 - (11) Med izvedbo se izvaja monitoring vibracij. Ob poškodbah, ki bodo posledica gradnje, se izvedejo vsi potrebni sanacijski ukrepi za odpravo morebitnih nastalih poškodb na objektih.
 - (12) Gradbišče se uredi na območju državnega prostorskega načrta, vendar zunaj varovanih območij in se čim bolj omeji na območje gradnje posameznega objekta.
 - (13) Izvajalec gradbenih del mora pred posegom izdelati načrt sanacije območja ob onesnaženju z nevarnimi snovmi iz delovnih strojev. Ob razlitju nevarnih snovi iz delovne mehanizacije je treba lokacijo takoj sanirati. Na gradbišču mora biti zagotovljeno ustrezno opremljeno mesto za skladiščenje nevarnih snovi z lovilno skledo ustrezne prostornine, ki bi ob razlitju, razsipu ali drugi nezgodi omogočila zajem teh snovi in preprečila iztok v tla, poleg tega pa mora biti ta skladiščni prostor zaščiten pred atmosferskimi vplivi, preprečen pa mora biti tudi dostop nepooblaščenim osebam.
 - (14) Med gradbenimi deli se voda v vodotokih in morju ne sme onesnažiti z odpadnimi snovmi ali nevarnimi gradbenimi odpadki. Med betoniranjem je treba preprečiti izcejanje betonskih odplak v vodo.
 - (15) Transportne poti zunaj območja državnega prostorskega načrta se vodijo po obstoječih javnih cestah. Če to ni mogoče, se izvedejo dodatne začasne transportne poti, ki potekajo zunaj varovanih območij. Za njih se pridobi soglasje lastnikov zemljišč. Poti

se utrdijo in redno čistijo. Trase transportnih poti in lokacije priključkov na gradbišče se izberejo tako, da v čim manjši meri prizadenejo bivalno okolje, naravno okolje, kmetijska zemljišča in obstoječe ureditve. Transportne poti med gradnjo se uskladijo z lokalnimi skupnostmi.

(16) Med gradnjo se pred poškodovanjem ali uničenjem varujejo objekti in območja kulturne dediščine. Čez objekte in območja kulturne dediščine ne potekajo gradbiščne poti in obvozi, vanje se ne premakne gospodarska javna infrastruktura in ne odlaga material.

(17) Gradbišče se zavaruje tako, da se zagotovita varnost in nemotena raba sosednjih objektov in zemljišč. Med gradnjo se zagotovijo vsi varnostni ukrepi in organizacija na gradbišču, da se prepreči onesnaženje okolja, ki bi nastalo zaradi transporta, skladiščenja in uporabe tekočih goriv in drugih škodljivih snovi, oziroma se ob nezgodi zagotovi takojšnje ukrepanje za to usposobljenih delavcev.

Upoštevati pa je potrebno tudi druge člene Uredbe, ki morda niso povzeti zgoraj, vendar se dotikajo nameravane gradnje in uporabe objekta.

1.14 Posebno opozorilo

Vsako opaženo anomalijo med zabijanjem mora izvajalec del oz. nadzorna služba nemudoma sporočiti projektantu in geomehanskemu ekspertu, zabijanje pa se prekine in nadaljuje šele, ko projektant in geomehanski ekspert podata postopek za sanacijo oz. dovolita ponovno zabijanje.

Dela je potrebno izvajati strogo v skladu z zakonom o graditvi objektov. Med izvajanjem je potrebno zagotoviti nadzor v obliki in obsegu, kot ga predpisuje zakon.

mag. Lilian Battelino, univ. dipl. ing. gradb.

Ljubljana, avgust 2018